

HANDBUCH ZUR IMPLEMENTIERUNG EINES H₂-ECOSYSTEMS

Basierend auf dem Vorgehen für die Erstellung
der Machbarkeitsstudie „H₂-Ecosystem in Essen“

Essen | Berlin | Hamburg
September 2021



VORGEHEN

- › Das vorliegende Handbuch zeichnet exemplarisch das Vorgehen zur Erstellung der Machbarkeitsstudie für ein H₂-Ecosystem, die von Dezember 2020 bis Juli 2021 für die Stadt Essen erstellt wurde, nach. Es legt die gewählte Methodik dar, um anderen Kommunen und Regionen die Eruiierung ihres Potenzials für ein H₂-Ecosystem zu erleichtern.
- › Das vorliegende Dokument inklusive beigefügter Templates soll als methodische Orientierung und Unterstützung bei der Implementierung eines H₂-Ecosystems auf kommunaler Ebene dienen.*
- › Im Folgenden wird ein allgemeines Vorgehen beschrieben, welches sich nach einer allgemeinen Empfehlung zur Projektorganisation und der Terminplanung in fünf Teilarbeitsschritte aufgliedert.
- › Jeder Teilarbeitsschritt ist im Einzelnen beschrieben und enthält Erläuterungen zu den empfohlenen Methoden sowie Vorschläge für Vorlagen, die für die jeweiligen Arbeitsschritte genutzt werden können.
- › Neben der Einordnung einzelner Arbeitsschritte in den Gesamtkontext des Projektes fließen zudem Erfahrungen und Hinweise aus der Praxis mit ein.



* Das angefertigte Handbuch erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit

INHALT

Überblick des konzeptionellen Vorgehens	4
Projektmanagement	6
ZIELSETZUNG	
Festlegung von Zielen, Erwartungen und Rahmenbedingungen	8
POTENZIALANALYSE	
Potenzialanalyse	10
Exkurs Bedarfsprognose Mobilität	12
Infrastrukturanalyse	14
PROJEKTANSÄTZE	
Datenbank und Projektsteckbriefe	16
Bewertung von Projektsteckbriefen	18
ZIELBILDER	
Entwicklung von Zielbildern	20
Modellierung der mittelfristigen Zielbilder	22
Modellierung der langfristigen Zielbildern	24
ABLAUFPLANUNG	
Konkretisierung der Starterprojekte	26
Exkurs Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Tankstelle	28
Ablaufplanung und Handlungsempfehlungen	30
VORLAGEN	
Steckbrief	32
Bewertungsmatrix	33
Parametermatrix – Zielbilder	34
Kontakte	35

ÜBERBLICK DES KONZEPTIONELLEN VORGEHENS

Das konzeptionelle Vorgehen wird in fünf Phasen unterteilt. Je nach Region können unterschiedliche Schwerpunkte gewählt werden.

Festlegung von Zielen, Erwartungen und Rahmenbedingungen

Anforderungen, Wünsche und Pflichten des Auftraggebers werden in einem Pflichtenheft festgehalten.

Potenzialanalyse

Schaffung einer Informationsgrundlage aller bestehenden und geplanten H₂-Projekte, inklusive Mengengerüst von regionaler Nachfrage und Erzeugung; Bestandsaufnahme von Infrastruktur sowie Standortsuche potenzieller Erzeugungskapazitäten.

Projektansätze: Stakeholderdatenbank und Projektsteckbriefe

Erstellung von H₂-Projektsteckbriefen auf Basis der Ergebnisse der Potenzialanalyse; Verortung und Bilanzierung der Erzeugungs- und Abnahmemengen für Wasserstoff; Bewertung der Projektansätze mit Fokus auf Realisierungswahrscheinlichkeit und Synergiepotenzialen.

Zielbilder: Modellierung des H₂-Ecosystems

Mittel- und langfristige Zielbildentwicklung für eine H₂-Infrastruktur, gegebenenfalls unter Berücksichtigung von Import und Export von H₂.

Ablaufplanung

Detaillierte Ausarbeitung von Projektskizzen als Starterprojekte, Erarbeitung einer Ablaufplanung für das H₂-Ecosystem.



PROJEKTORGANISATION

Organisation	Abstimmungsbedarf	
Gremien	Wie viele Gremien/Teams mit welcher Funktion sollen etabliert werden?	✓
Akteure/Rollen	Wer ist Teil welches Gremiums/Teams?	✓
	Wer ist im Lead?	✓
Aufgabe	Welches Gremium/Team hat welche Aufgabe?	✓
Turnus	In welcher zeitlichen Abfolge treffen sich die jeweiligen Gremien/Teams?	✓
Zugriffsberechtigungen	Im Falle einer digitalen Dokumentation (Sharepoint): Festlegung der Zugriffsberechtigten der Gremium- bzw. Teammitglieder	✓

PROJEKTZEITPLAN



Die Anzahl der wichtigen Meilensteine ist individuell mit den Auftraggeber abzustimmen

PROJEKTMANAGEMENT

Zur Umsetzung der Machbarkeitsstudie und Qualitätssicherung der Ergebnisse ist ein angemessenes Projektmanagement unerlässlich.

Koordination und Zusammenarbeit der Projektpartner

- › Im Sinne einer stringenten Projektorganisation empfiehlt sich die Etablierung von verschiedenen Gremien und Teams.
- › Deren Besetzung sowie die Zuordnung von Verantwortlichkeiten sollte zu Beginn des Projektes erfolgen.
- › Regelmäßige Konsolidierungstermine zur Qualitätssicherung und Integration der Arbeitsergebnisse sind abzustimmen.

Terminplan und Dokumentation des Fortschritts einzelner Arbeitspakete

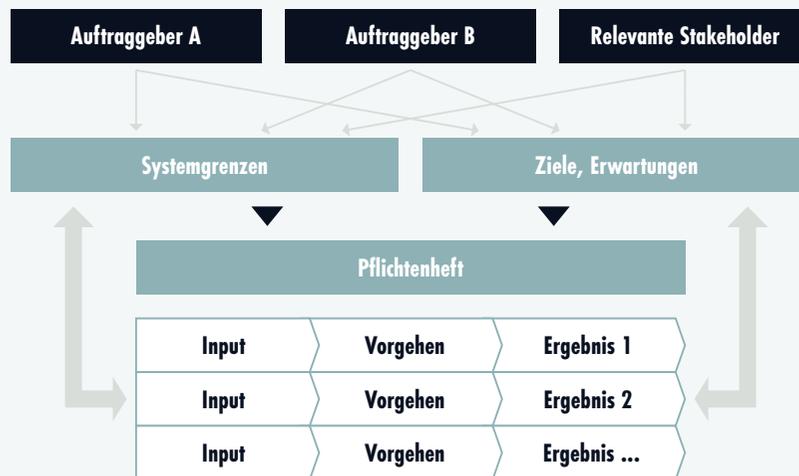
- › Die Dauer des Gesamtprojektes lässt sich für verschiedene Regionen nicht pauschal abschätzen. Ebenso sind einzelne Arbeitsschritte abhängig von der Größe des Untersuchungsgebietes und der Dichte von bestehenden oder potenziellen Wasserstoffprojekten.
- › Zudem können Anforderungen des Auftraggebers Einfluss auf den Detailgrad der Ausarbeitung einzelner Arbeitsschritte haben.
- › Abgebildet ist daher nur ein schematischer Ablaufplan, der den Zeitaufwand der einzelnen Arbeitsschritte ins Verhältnis zueinander setzen soll.

Dokumentation

- › Die Arbeitsergebnisse und Unterlagen sollten im Verteiler an alle Projektbeteiligten versandt werden. Alternativ ist die Bereitstellung auf einer gemeinsamen digitalen Ablage (beispielsweise Sharepoint von Microsoft) möglich.



PROJEKTZIEL UND SYSTEMGRENZENBESTIMMUNG



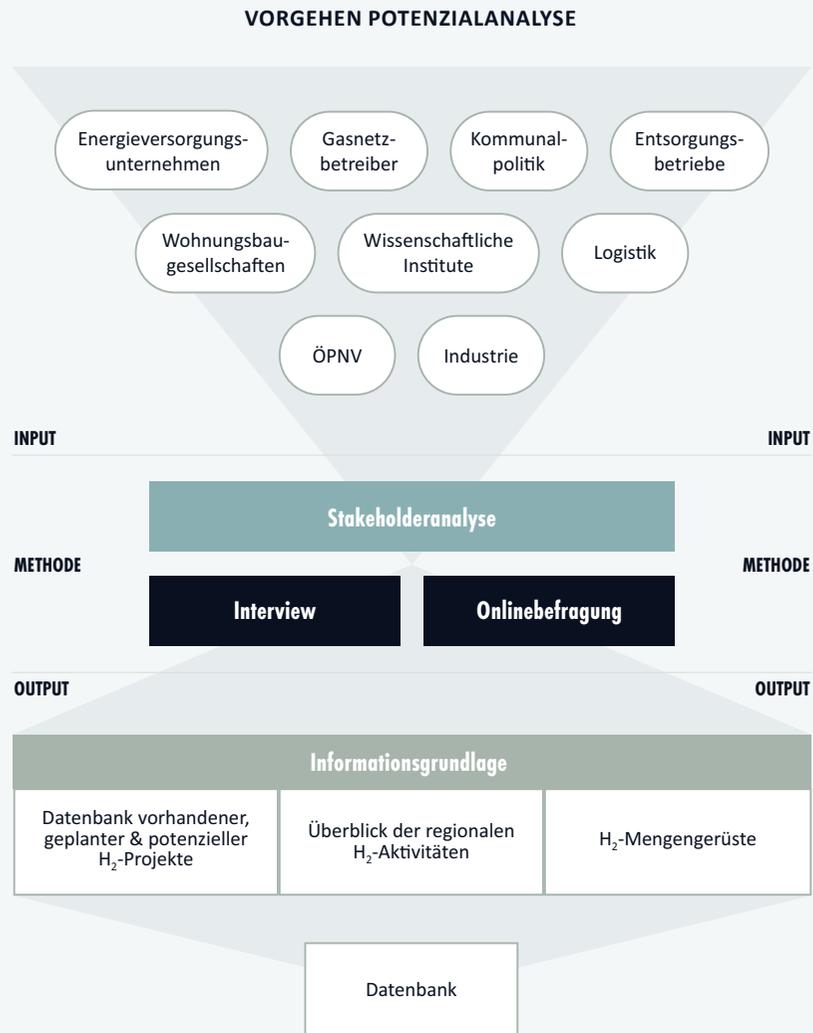
FESTLEGUNG VON ZIELEN, ERWARTUNGEN UND RAHMENBEDINGUNGEN

Vor dem Projektstart ist es wichtig die Ziele des Projekts mit dem Auftraggeber zu diskutieren.

- Im Rahmen eines Kickoff-Termins ist es sinnvoll, die Ziele und Erwartungen an das Projekt gemeinsam zu diskutieren und festzulegen. Im Rahmen der künftigen Verwendung von Wasserstoff sollte z.B. diskutiert werden, inwiefern auch blauer oder türkisfarbener Wasserstoff erzeugt und /oder verwendet werden kann.

Es sollte stets darauf geachtet werden, dass die Ziele auch realisierbar sind und ggf. unter dem Vorbehalt eines bestimmten rechtlichen Rahmens stehen können.

- Darüber hinaus müssen weitere **Rahmenbedingungen** für das Projekt abgestimmt werden:
 - Hervorzuheben ist an dieser Stelle die Festlegung der **Systemgrenzen** des zu analysierenden H₂-Ecosystems.
 - Die Festlegung der Systemgrenzen bezieht sich an erster Stelle auf den **regionalen Untersuchungsraum**. Darüber hinaus ist zu klären, wie mit angrenzenden Nachbarregionen und Importoptionen (regional/überregional/international) umgegangen werden soll.
- Erwartete Zwischenergebnisse, Ergebnisse sowie entsprechend geplante Präsentationen vor den verschiedenen Gremien können in einem **Pflichtenheft** festgehalten werden. So herrschen für Auftraggeber und Auftragnehmer jederzeit Klarheit über ausstehende Zwischenergebnisse und die nächsten geplanten Schritte im Projektverlauf.
- Dieses Handbuch kann als Vorlage für das Pflichtenheft dienen. Es muss entsprechend der Ausgangsvoraussetzungen, Ziele und Erwartungen konkretisiert werden.



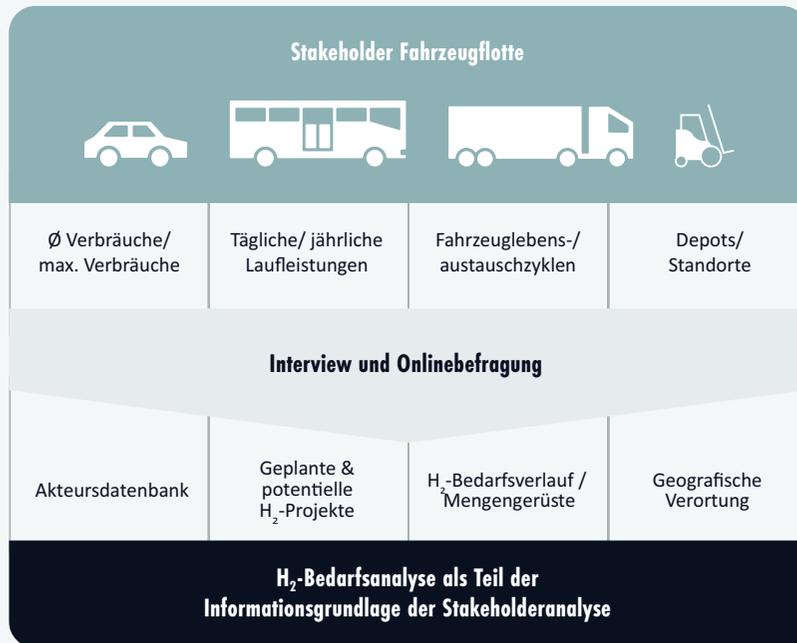
POTENZIALANALYSE

Ausgangspunkt für die Etablierung eines weitläufigen H₂-Wertschöpfungsnetzwerkes ist die Potenzialanalyse.

- › Voraussetzung für die Potenzialanalyse sind weitreichende Informationen zu aktuellen und potenziellen H₂-Aktivitäten und Projekten in allen Wertschöpfungsstufen und Sektoren innerhalb der Untersuchungsgrenzen.
- › Eine geeignete Methode zur Schaffung einer entsprechenden Informationsgrundlage stellt die **Stakeholderanalyse** dar:
 - › Potenziell relevante Stakeholder werden zunächst im Rahmen einer Recherche erfasst und anschließend priorisiert.
 - › Im Rahmen von Interviews oder einer Onlineumfrage werden die Stakeholder bezüglich ihrer H₂-Vorhaben und der Entwicklung ihres H₂-Bedarfs beziehungsweise ihrer H₂-Produktion befragt.
 - › Der Vorteil von **Interviews** ist die Möglichkeit einer direkten Kontaktaufnahme und detaillierten Informationsbeschaffung. Sie gehen jedoch mit einem vergleichsweise hohen organisatorischen Aufwand einher. Für die Durchführung der Interviews empfiehlt sich die Erstellung systematisierter, nach Wertschöpfungsstufe oder Sektor unterschiedener, Fragebögen.
 - › Mittels einer **Onlinebefragung** kann eine breitere Masse an Stakeholdern adressiert werden, sodass weniger Aufwand anfällt. Hier ist ein gradueller Aufbau der Fragen bzgl. der Informationstiefe zu empfehlen, um vorzeitige Abbrüche zu vermeiden. Je nach Struktur und Detailtiefe der Umfrage kann es im Anschluss auch sinnvoll sein, mit einem Stakeholder weitergehende Gespräche in Form eines bilateralen Interviews zu führen.
- › Stehen seitens der Stakeholder notwendige Informationen zum Hochlauf der jeweiligen Erzeugungs- beziehungsweise Nachfragemengen nicht zur Verfügung, sollten Bedarfsmengen (unter Rücksprache mit den jeweiligen Stakeholder) mit einem zugehörigem **Hochlauf prognostiziert** werden, um die mittel- bis langfristigen Zielbilder eines H₂-Ecosystems simulieren zu können.



H₂-BEDARFSANALYSE IM MOBILITÄTSSEKTOR



EXKURS BEDARFSPROGNOSE MOBILITÄT

Die H₂-Bedarfsanalyse ist ein wichtiger Schritt zur Aggregation der potenziellen regionalen H₂-Mengen.

- Am Beispiel des Mobilitätssektors wird die Vorgehensweise mitsamt der notwendigen Informationen der jeweiligen Stakeholder und Flottenbetreiber erläutert.
 - **Status quo:** in einem ersten Schritt sind die jeweilige aktuelle Flottengröße sowie die Fahrtstrecken zu analysieren. In Abhängigkeit der Zusammensetzung der Flotte (Fahrzeugtypen) und der Strecken sind dann Verbräuche und Laufleistungen zu berechnen.
 - **Fahrzeuglebens- bzw. -austauschzyklen:** In Absprache mit dem Stakeholder wird festgelegt, ab wann und welcher Anteil der neu anzuschaffenden Fahrzeuge durch wasserstoffbetriebene Fahrzeuge erfolgen soll.
 - **H₂-Bedarf/-Mengengerüst:** Die Berechnung des Mengengerüsts erfolgt in Abhängigkeit des H₂-Fahrzeughochlaufs. Die Verbrauchsmengen der jeweiligen Fahrzeuge sind abhängig von der Fahrzeugart und der Laufleistung/ Betriebsstunden. Neben den durchschnittlichen Verbräuchen sollten die Maximalverbräuche aufgenommen werden, damit diese bei der Auslegung einer Tankstelle berücksichtigt werden können.
- Die aggregierten H₂-Bedarfe verschiedener Stakeholder können geographisch geclustert werden, um so von möglichen Synergiepotenzialen – beispielsweise einer gemeinsam genutzten Tankstelle – zu profitieren.



ANALYSE VON ERZEUGUNGS- UND TRANSPORT- SOWIE BETANKUNGSMÖGLICHKEITEN

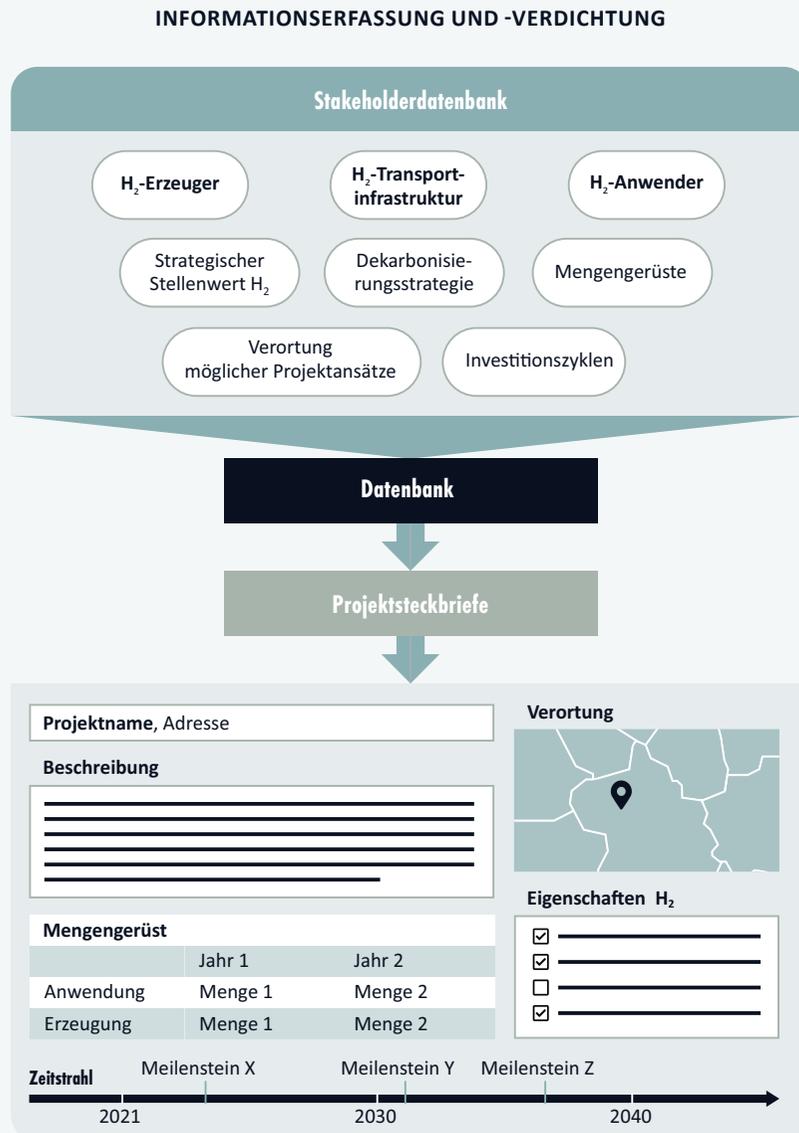


INFRASTRUKTURANALYSE

Die Analyse der Infrastruktur sollte neben Transportoptionen auch Erzeugung und Betankung erfassen.

- › Ebenfalls einen Teil der Potenzialanalyse bildet die Infrastrukturanalyse. In deren Rahmen sollten **Erzeugungs- und Transportmöglichkeiten** innerhalb der festgelegten Systemgrenzen analysiert werden. Im Einzelnen sollten folgende Bereiche differenziert betrachtet werden:
 - › **Strombezugsoptionen** aus Erneuerbare Energien-Anlagen oder MHKWs als Option für die Eigenerzeugung von Wasserstoff.
 - › **Leitungsgebundene Infrastruktur**, die für den Transport von Wasserstoff infrage kommt (bestehende H₂- oder Kokereigasleitungen, Umwidmung von Erdgasleitungen, Neubauprojekte).
 - › **Tankstelleninfrastruktur**
- › Die Identifikation von strategisch sinnvollen Flächen zur Errichtung eines Elektrolyseurs oder Dampfreformers können ebenfalls Teil der Infrastrukturanalyse sein.
- › Zusätzlich zur Infrastrukturanalyse innerhalb der Systemgrenzen müssen nationale und internationale Transportinfrastrukturprojekte, die in räumlicher Nähe des Untersuchungsraums vorbeiführen, aufgenommen und in die anknüpfende Modellierung einbezogen werden, wenn der Import von Wasserstoff im Rahmen der Abstimmung zum Pflichtenheft als relevant betrachtet wurde (anders im Fall einer ausschließlich regionalen Analyse).
- › Erzeugungspotenziale sowie Infrastrukturen sollten in eine **georeferenzierte Datenbank** überführt und kartografisch festgehalten werden.

DATENBANK UND PROJEKTSTECKBRIEFE



Die gesammelten Informationen werden systematisiert aufbereitet.

- › Die Informationen aus den Stakeholderinterviews, der Onlinebefragung und der Infrastrukturanalyse werden in einer **Datenbank** gesichert, die als zentraler Informationspool für alle weiteren Analysen, Bewertungen und Modellierungen dient:
 - › Die Informationen sollten so erfasst sein, dass Filterungen nach Sektoren oder Wertschöpfungsstufen möglich sind.
 - › Die Datenbank sollte zudem so aufgebaut sein, dass sie auch nach Projektabschluss weiter gepflegt werden kann.
- › Für die weitere Erarbeitung und vor allem spätere Modellierung ist es sinnvoll, die wichtigsten Informationen zu Projekten oder Projektideen in sogenannten Steckbriefen festzuhalten.
- › Die **Steckbriefe** sollten vor allem die folgenden Punkte umfassen:
 - › Projektstatus (erste Idee, Konzeptentwicklung, Umsetzungsplanung, in Betrieb)
 - › Projektstartzeitpunkt
 - › Mengenentwicklung
 - › Wertschöpfungsstufe
 - › Regionale Verortung
- › Anhand der geografischen Verortung und Fahrtrouten sowie prognostizierten Hochläufen verschiedener Stakeholder kann eine erste Einschätzung zum Tankstellenpotenzial und deren Verortung gegeben werden.

i Weitere Punkte können der beigefügten Vorlage „STECKBRIEF“ entnommen werden.



BEWERTUNGSMATRIX

Informationsgrundlage			
1. Entwicklung von Projektansätzen		2. Bewertung der Projektansätze	
Projektansatz 1	Projektansatz 2	Projektansatz ...	
★ ☆ ☆ ★ ★ ☆	★ ★ ★ ★ ☆ ☆	★ ☆ ☆ ★ ★ ★	Zeitpfad Startzeitpunkt Hochlauf
★ ★ ★ ★ ☆ ☆	★ ★ ☆ ★ ☆ ☆	★ ★ ★ ★ ★ ☆	Projektidee Nachhaltigkeit Synergien
★ ★ ★	★ ☆ ☆	★ ☆ ☆	Umsetzung Realisierungswahrscheinlichkeit
Gewichtung der Bewertungskriterien			
Summe			
Starterprojekte			

BEWERTUNG VON PROJEKTSTECKBRIEFEN

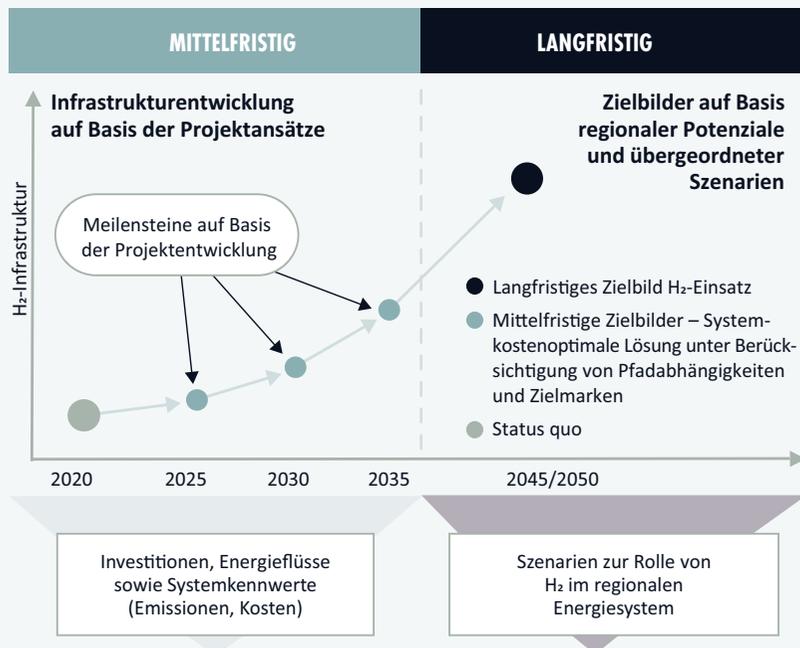
Für die Ausarbeitung des H₂-Ecosystems werden die aufgenommenen Projektansätze bewertet.

- Um die aufgenommenen Projektansätze und ihre H₂-Potenziale hinsichtlich Ihres Beitrags für ein H₂-Ecosystem zu priorisieren, werden im Zuge dieses Arbeitsschrittes Kriterien definiert, an Hand derer eine Bewertung der Projektsteckbriefe erfolgt.
- Die **Definition und Gewichtung der Bewertungskriterien** ist frei wählbar:
 - Eine unterschiedliche Gewichtung der Bewertungskriterien ist dabei unabdingbar, da gewisse Bewertungskriterien einen deutlich größeren Einfluss auf die spätere Rolle eines Projektes innerhalb des H₂-Ecosystem haben als andere.
 - Subkategorien können dabei helfen eine Bewertung kleinteiliger zu gestalten.
 - Es empfiehlt sich eine Differenzierung bei der Bewertung der ökologischen Auswirkungen in den Sektoren Industrie und Mobilität.
- Eine qualitative Bewertung durch Einschätzung von Experten ermöglicht die quantitative Bewertung der Steckbriefe und somit die Erarbeitung einer Rangfolge, in der die Projekte einen Beitrag zur Implementierung eines H₂-Ecosystems leisten.
- Die höchstpriorisierten Projektsteckbriefe sollten im weiteren Verlauf und nach Abschluss der Machbarkeitsstudie in ihrer Umsetzung unterstützt werden, da sie als sog. Starterprojekte einen entscheidenden Beitrag zu einem H₂-Ecosystem leisten.
- Eine SWOT-Analyse kann zur Bewertung der Steckbriefe beitragen und dient dem Auftraggeber als weitere Informationsquelle hinsichtlich der Entscheidung, welche Projektansätze durch genauere Analysen unterstützt werden sollten.

i Ein Vorschlag zur Bewertungsmethodik der Steckbriefe (mitsamt Bewertungskriterien) ist in der Vorlage „BEWERTUNGSMATRIX“ gegeben.



ZIELBILDENTWICKLUNG



ENTWICKLUNG VON ZIELBILDERN

Im Rahmen der Zielbildentwicklung erfolgt eine systemische Betrachtung des H₂-Ecosystems basierend auf den individuellen Projektansätzen.

- Da für H₂ zurzeit noch kein liquider Markt besteht, müssen für initiale Projekte die Erzeugung, Verteilung und Anwendung gesichert sein. Die nachfolgende Planung umfasst folglich die gesamte Wertschöpfungskette. Für eine effiziente Abstimmung der Kapazitäten entlang der Wertschöpfungskette ist im Rahmen der Zielbilderarbeit des H₂-Ecosystems eine gemeinsame Betrachtung der identifizierten Projektansätze entlang der H₂-Wertschöpfungskette sowie eine ökonomische und ökologische Bewertung des Gesamtsystems maßgeblich.
- Zielbilder** stellen für die Entwicklung des H₂-Ecosystems eine wichtige Grundlage für den Planungs- und die Kommunikationsprozesse dar. Dabei bietet es sich an, zwischen mittelfristigen und langfristigen Zielbildern zu unterscheiden. **Mittelfristige Zielbilder** werden dabei ausschließlich auf Basis der identifizierten Projektansätze formuliert (vgl. Stakeholder-Datenbank und Projektsteckbriefe). **Langfristige Zielbilder** zeigen auf, welche Rolle für H₂ in einem emissionsfreien Energiesystem angestrebt wird.
- Der **mittelfristige** Infrastrukturaufbau sollte auf Basis einer **detaillierten Modellierung** ermittelt werden. Hierzu sind insbesondere alle Kosten und CO₂-Emissionen entlang der gesamten H₂-Wertschöpfungskette zu erfassen. Darauf aufbauend können Synergien zwischen einzelnen Projektansätzen sowie bei der Entwicklung einer übergreifenden Verteilinfrastruktur systematisch erfasst werden.
- Langfristige Zielbilder** entstehen durch die Regionalisierung von Entwicklungen und Trends in nationalen Szenarien mittels Strukturparametern und regionalen Potenzialen.
- Sowohl auf Ebene der mittel- als auch der langfristigen Zielbilder sollten **Szenarien** genutzt werden, um die Bandbreite möglicher Entwicklungen abzubilden und Risiken zu kommunizieren.

MODELLIERUNGSSYSTEMATIK FÜR MITTELFRISTIGE ZIELBILDER

1 Bildung von Clustern



2 Standort/Cluster 1



3

Standort/Cluster 2



Modellierungsansatz

Optimierung von Investitionsentscheidungen und Betriebsführung eines Energiesystems hinsichtlich minimaler Systemkosten

Schritte für die Formulierung des Modells

- 1 Entwicklung von Projektskizzen und Identifizierung von potenziellen Standorten aus Stakeholder-Prozess und Potenzialanalyse
- 2 Überführung der Potenziale und Standorte in ein repräsentatives Knotenmodell
- 3 Transportkonzepte identifizieren und parametrisieren

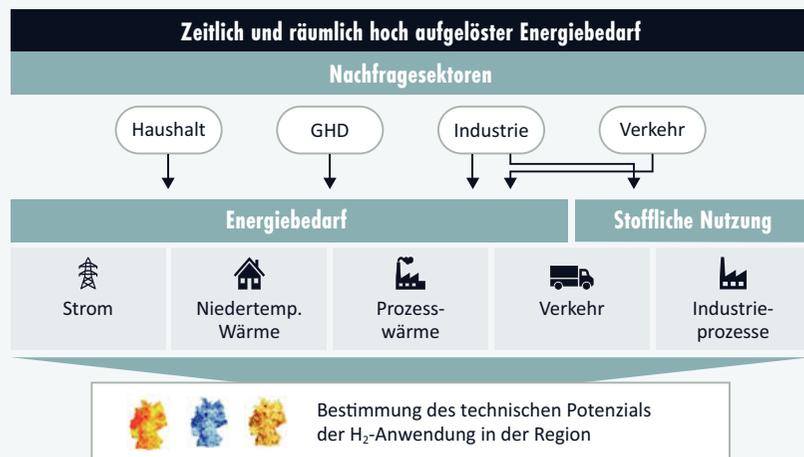
i Ein Vorschlag für die Darstellung der Szenario Parameter ist in der Vorlage „PARAMETERMATRIX“ gegeben.

MODELLIERUNG DER MITTELFRISTIGEN ZIELBILDER

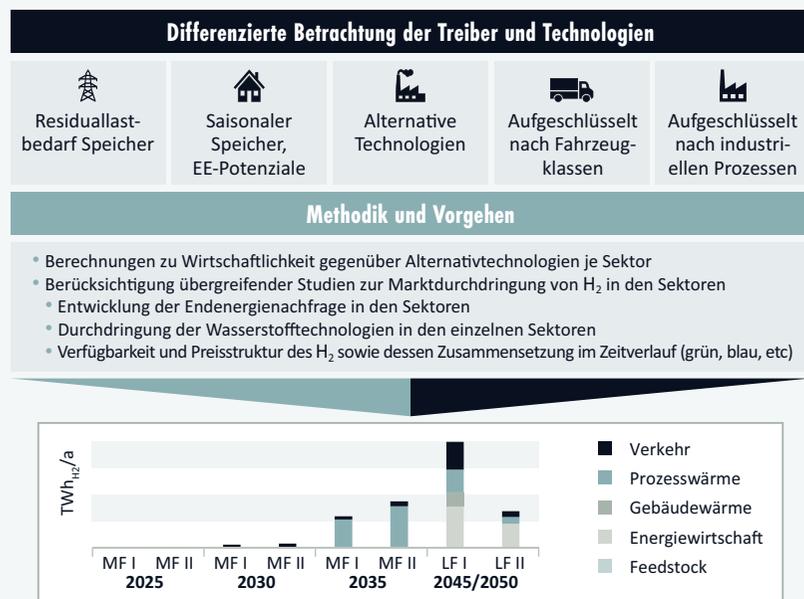
Ziel der Modellierung ist vor allem die Bestimmung des mittelfristigen Infrastrukturaufbaus.

- Durch eine optimale (möglichst endogene) Auslegung von Erzeugungs-, Import-, Speicher- und Transportkapazitäten unter Berücksichtigung einer vorgegebenen H₂-Nachfrage (Standorte und Mengengerüste ergeben sich aus den identifizierten Projektansätzen), wird der Aufbau der Infrastruktur bestimmt.
 - Die Ergebnisse schaffen eine klare Planungsgrundlage für die Realisierung und Verknüpfung einzelner Projektansätze (unter Berücksichtigung der technischen regionalen und wirtschaftlichen Gegebenheiten).
- Darüber hinaus kann das Kosten-Nutzen-Verhältnis einer regionalen Wasserstoffinfrastruktur (Bereitstellungskosten für regionalen H₂ & Emissionsfaktor) erfasst werden:
 - Nutzen: regionale Bereitstellung von möglichst emissionsarmem H₂ für die Dekarbonisierung der betrachteten Nachfragesektoren
 - Kosten: Aufbau und Betrieb der benötigten Erzeugungskapazitäten für H₂ und Strom sowie der Verteilinfrastruktur
- Zur Ermittlung der Ergebnisse wird ein sektorübergreifendes Energiesystemmodell genutzt. Dies ist ein weit verbreiteter Ansatz zur Beschreibung und Untersuchung der möglichen Entwicklungen eines Energiesystems. Die Modellierung muss dabei im wesentlichen folgende Anforderungen erfüllen:
 - **Zeitliche Auflösung:** Berücksichtigung des zeitlichen Versatzes von Erzeugung und Verbrauch. Eine hohe zeitliche Auflösung (stündlich) ist für die korrekte Berechnung von Emissionen sowie der Strombezugskosten maßgeblich.
 - **Räumliche Auflösung:** Detaillierte Berücksichtigung der räumlichen Verortung von Erzeugungs- und Anwendungsstandorten. Die Auslegung eines Transportkonzepts sollte Bestandteil der Modellierung sein.
 - **Sektorübergreifend:** Insbesondere Verknüpfung der Sektoren Strom und H₂.
 - **Technische und regulatorische Nebenbedingungen:** Insbesondere Stromnebenkosten stellen einen wesentlichen Kostenfaktor für die H₂-Erzeugung dar. Die Abgabenlast muss entsprechend der einzelnen Projektvorhaben berücksichtigt werden.

1. TECHNISCHES H₂-POTENZIAL BASIEREND AUF ENERGIENACHFRAGE JE SEKTOR



2. WIRTSCHAFTLICHES H₂-POTENZIAL IN DEN NACHFRAGESEKTOREN



MODELLIERUNG DER LANGFRISTIGEN ZIELBILDER

Für eine nachhaltige Infrastrukturentwicklung sollten langfristige Zielbilder für Nachfrage und Herkunft des Wasserstoffs formuliert werden.

- Dazu können übergeordnete Szenarien zur Entwicklung des H₂-Marktes auf die Region übertragen werden. Die Entwicklung der Szenarien kann sich in den unterschiedlichen Nachfragesektoren hinsichtlich der Annahmen zur Verfügbarkeit und Preisstruktur von grünem Wasserstoff (regionale Erzeugung und Importe) sowie der relativen Entwicklung von Technologiekosten unterscheiden. Die Auswahl der zugrundeliegenden Szenarien sollte alle relevanten Entwicklungen umfassen.
- Das Ziel der Regionalisierung besteht darin, den langfristigen H₂-Bedarf in der betrachteten Region zu bestimmen. Das methodische Vorgehen bei der Entwicklung langfristiger Zielbilder teilt sich im Wesentlichen in zwei Schritte auf:
 - Auf Basis **regionaler Strukturparameter** soll das **technische H₂-Potenzial** in den einzelnen Nachfragesektoren bestimmt werden. Hierbei wird der Energiebedarf aller Anwendungen erfasst, der theoretisch durch Wasserstoff substituiert werden kann. Die Entwicklung der Endenergienachfrage ist bis zu dem Zieljahr fortzuschreiben.
 - Das **wirtschaftliche H₂-Potenzial** der Anwendungen im Zieljahr ist dann auf Basis von zugrundeliegenden Studien zu ermitteln. Durch die Kombination der H₂-Durchdringungsrate mit der zukünftigen regionalen Endenergienachfrage in den einzelnen Nachfragesektoren, kann der zukünftige Wasserstoffbedarf abgeschätzt werden.
- Die Gegenüberstellung der mittelfristigen Bedarfsentwicklung auf Basis der Projektentwicklung mit den langfristigen Zielbildern erlaubt die kritische Diskussion der Nachhaltigkeit einer Infrastrukturentwicklung sowie eine frühzeitige Identifikation von Risiken.

KONKRETISIERUNG DER STARTERPROJEKTE



Es wird empfohlen, ein bis zwei Projekte mit hoher Realisierungswahrscheinlichkeit zu konkretisieren.

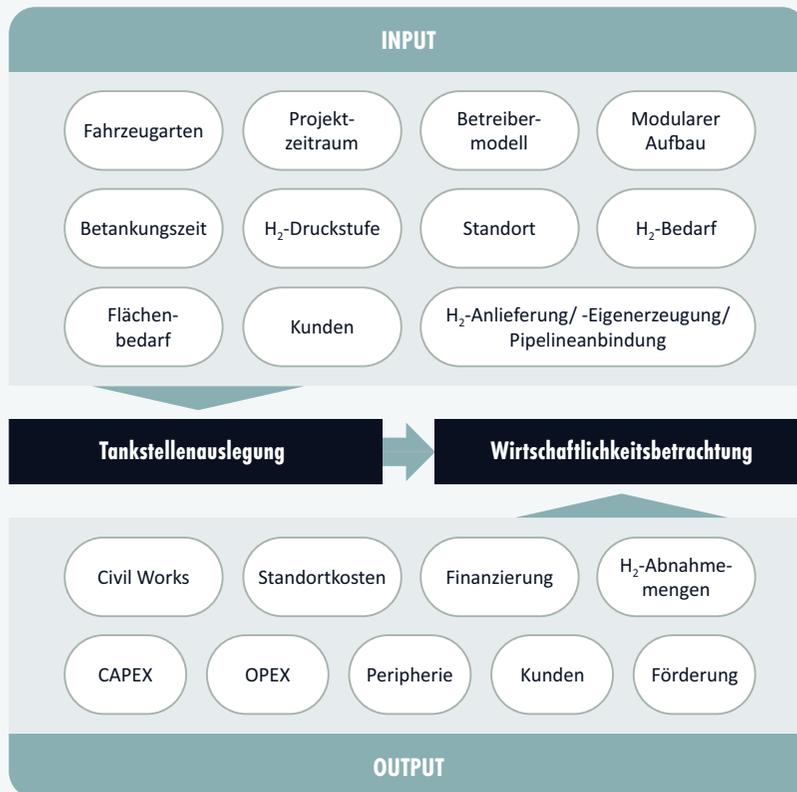
- › Im Rahmen der Konkretisierungen von ausgewählten Projektansätzen – den sogenannten **Starterprojekten** – soll die tatsächliche Umsetzung der Projekte **technisch, betriebswirtschaftlich** und auch **rechtlich** so geplant, kalkuliert und geprüft werden, dass eine Umsetzung auf Basis der Ergebnisse jederzeit möglich ist.
- › Die technische Planung der Projektansätze erfolgt durch Planung und Überprüfung des Einsatzes von H₂-Technologien zur Deckung des projektspezifischen Energie- beziehungsweise Mobilitätsbedarfs. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Überprüfung der technologischen Reife und der Verfügbarkeit sowie dem daraus folgenden frühestmöglichen Einsatz.

 - › Im Zuge der technischen Planung (sowie auch der anschließenden wirtschaftlichen Modellierung) ist es sinnvoll auch alternative (Versorgungs-)Konzepte zu untersuchen und zu kalkulieren, um die Realisierungswahrscheinlichkeit zu erhöhen.
- › Im Rahmen der betriebswirtschaftlichen Modellierung bilden verschiedene Daten die Basis der Parametrierung: Neben projektspezifischen und vor allem technischen Daten sind Zielbilder zu Preisentwicklung und Transportoptionen die Rahmendaten. Zusätzlich können Szenarien entwickelt werden. In der Wirtschaftlichkeitsrechnung werden alle für die Entscheidungsfindung notwendigen Kennzahlen berechnet (und gegebenenfalls ein umfassender Business Plan erstellt).
- › Die rechtliche Analyse sollte vor allem Chancen und Risiken aufgrund sich ändernder Rahmenbedingungen beleuchten. Optional kann auch eine Fördermittelberatung sinnvoll sein, soweit einschlägige Förderprogramme existieren.
- › Die entsprechende Projektskizze wird konkretisiert, indem u.a. Aussagen zu den folgenden Kriterien getroffen werden:

 - › **Technische Umsetzungsfähigkeit**
 - › **Wirtschaftlichkeit**
 - › **Umweltfreundlichkeit/Nachhaltigkeit**
 - › **Beitrag zu einem H₂-Ecosystem**



WIRTSCHAFTLICHKEITSBERECHNUNG FÜR TANKSTELLENKONZEPT



EXKURS WIRTSCHAFTLICHKEITSBETRACHTUNG TANKSTELLE

Verschiedene Punkte sind relevant für die Dimensionierung und Wirtschaftlichkeitsberechnung einer Tankstelle.

Dimensionierung:

- **Fahrzeugarten:** unterschiedliche H₂-Verbräuche und Druckstufen
- **Wasserstoffmengen**
- **Zeitkontingente:** Wann wird getankt? (morgens/abends, bestimmte Zeitfenster/verteilt)
- **Wasserstoffform:** In welchem Zustand muss H₂ bereitgestellt werden? (flüssig, 350, 700 bar)
- **Tankstellenstandort:** (Industrie-, Stadtgebiet, auf dem Land, Entfernung zum Kunden) davon abh. bauliche Anforderungen und Genehmigungen
- **Flächenbedarf:** Wie viel Fläche ist vor Ort verfügbar? Wie viel Fläche wird für Erzeugung, Speicherung und Bereitstellung benötigt?
- **Projektzeitraum des Tankstellengebiets:** Soll die Tankstelle in Zukunft noch ausgebaut werden, wird vor Ort produziert, ist eine Pipelineanbindung geplant?
- **Art der Tankstelle/ Betreibermodell:** Öffentliche Tankstelle, klassisches Betreibermodell, Generalunternehmer

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung:

- **Wasserstoffmenge**
- **Wasserstoffeinkaufskosten:** inkl. Lieferungskosten/ Trailermietkosten und Verdichtungskosten
- **Tankstellen CAPEX:** Investitionskosten (Speicher, Abfüllanlage, gegebenenfalls Vorkühlung, Verdichter, Peripherie etc.), Finanzierung, Fördersätze, Bauarbeiten, Grundstückskosten (abhängig von der Dimensionierung)
- **Tankstellen OPEX:** Stromkosten für den Kompressor, Wartung und Instandsetzung der Anlagen
- **Modularer Hochlauf:** Sind weitere Ausbaustufen geplant? Weitere Investitionskosten für modulare Erweiterung der Tankstelle
- **Projektpartner, Aufgabenverteilung:** Je nach Betreibermodell lassen sich verschiedene Wasserstoffpreise an der Zapfsäule realisieren

ABLAUFPLANUNG UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

Eine Ablaufplanung erleichtert das Monitoring für den Aufbau des H₂-Ecosystems.

- › Die Ablaufplanung beinhaltet Meilensteine (daher auch als Meilensteinplanung bezeichnet), die als Orientierungs- und Monitoringhilfe für den weiteren Umsetzungsverlauf des H₂-Ecosystems dienen sollen. Exemplarische Meilensteine können sein:
 - › Vorherrschen regulatorischer Klarheit
 - › Unterzeichnung einer Absichtserklärung (LOI)
 - › Bewilligung eines Förderantrages
 - › Abschluss einer Finanzierung
 - › Aufnahme der Planung
 - › Inbetriebnahme des Projektes
- › Im Falle eines vielversprechenden Projektansatzes beziehungsweise der positiven Bewertung eines Starterprojektes (im Hinblick auf die Wirtschaftlichkeit, Umweltfreundlichkeit,

Umsetzbarkeit sowie die Integration innerhalb des H₂-Ecosystems) sollte gemeinsam mit dem Projektowner eine konkrete Umsetzungsroadmap erarbeitet werden, die wiederum in die Ablaufplanung für das H₂-Ecosystem integriert wird.

- › Neben der Ablaufplanung sollten auch folgende oder ähnliche Maßnahmen geprüft und gegebenenfalls entsprechende Handlungsempfehlungen gegeben werden, um die Etablierung eines H₂-Ecosystems im Anschluss an die Machbarkeitsstudie voranzutreiben:
 - › Schaffung von Kontaktstellen/Ansprechpartnern für Interessierte und bereits involvierte Stakeholder.
 - › Etablierung von verschiedenen Gremien/Kommunikationsplattformen zur Vernetzung der Stakeholder und Informationsbeschaffung zum Umsetzungsfortschritt der identifizierten und gegebenenfalls neuer Projektansätze.
 - › Monitoringprogramm seitens des Auftraggebers, um Projektfortschritte zu screenen und bei Bedarf unterstützend aktiv zu werden.



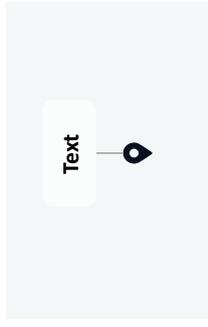
VORLAGE STECKBRIEF

Unternehmen **Musterunternehmen**
 Standort Straße 00, 12345 Ort
 H₂-Projekte Erzeugung Transport
 Speicher Verwendung

H₂-Projektbeschreibung

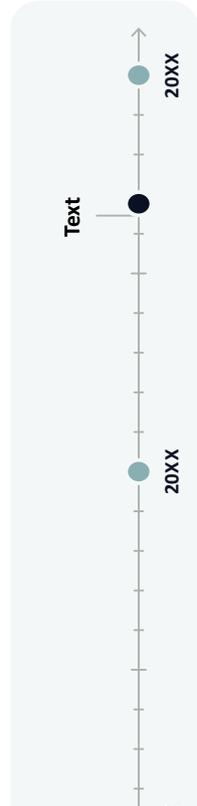
> Text

Standort (Kartenansicht)



Anwendungen	20XX	20XX	20XX
Anwendung 1 (Bsp.: Solo-Bus)	-	-	-
Ø H ₂ -Bedarf kg/a	-	-	-
Ø H ₂ -Bedarf kWh	-	-	-
max. H ₂ -Bedarf kg/a	-	-	-
max. H ₂ -Bedarf kWh	-	-	-
Anwendung 2 (Bsp.: Prozesswärme)	-	-	-
Ø H ₂ -Bedarf kg/a	-	-	-
Ø H ₂ -Bedarf MWh/a	-	-	-

Eigenschaften genutzter Wasserstoff	-
Farbe	-
Emissionsfaktor	-
Reinheit	-
Druck	-
Distribution des Wasserstoffes	-
Pipelineanschluss	-
Trailer-/Behälter-abfüllung	-
Tankstelle	-



VORLAGE BEWERTUNGSMATRIX

> Die Unternehmen werden hinsichtlich der Kriterien mit Punkten bewertet. Dabei kann individuell festgelegt werden, wie die Bewertungsskala aussehen soll (z.B. 1-5 Punkte)

	Kategorie	Beschreibung
Zeitpfad	Startzeitpunkt	Frühestmöglicher Startzeitpunkt des Projektansatzes (z.B. 2030, 2040)
	H ₂ -Hochlauf	Anzahl an Jahren, vom Startzeitpunkt ausgehend, bis finale Ausbaustufe des Projekts erreicht wird (z.B. 5, 10 Jahre)
Projektidee	CO ₂ -Vermeidung (Industrie)	Mengen an CO ₂ , die durch Projektrealisation verhindert werden in tCO ₂ /a (je nach Sektor unterschiedliche Bewertungsspanne)
	CO ₂ -Vermeidung (Mobilität)	
	Synergien	Bewertung der Synergiepotenziale, die sich mit anderen Projektskizzen ergeben (individuelle qualitative Bewertung)
Realisierungswahrscheinlichkeit	Politischer Druck	Politischer und regulatorischer Druck auf die Branche bzw. das Projekt (individuelle qualitative Bewertung)
	Strategischer Stellenwert	Stimmungsbild beim Unternehmen, alternative Klimaschutzoptionen, Knowhow (individuelle qualitative Bewertung)

Gewichtung Kategorie	Zeitpfad			Projektidee			Realisierungswahrscheinlichkeit			Gewichtete Summe
	50%	50%	Gewichteter Mittelwert	50%	50%	Gewichteter Mittelwert	50%	50%	Gewichteter Mittelwert	
Projekt	Startzeitpunkt	H ₂ -Hochlauf		CO ₂ -Vermeidung	Synergien		Politischer Druck	Strategischer Stellenwert		
Unternehmen 1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unternehmen 2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Unternehmen 3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

VORLAGE

PARAMETERMATRIX – ZIELBILDER

Beschreibung	Szenario 01			Szenario 02		
	Text			Text		
Jahr	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX	20XX
H₂ Nachfrage in tH₂/a	-	-	-	-	-	-
davon Mobilität	-	-	-	-	-	-
davon Wärme	-	-	-	-	-	-
davon Stoffliche Nutzung	-	-	-	-	-	-
H₂ Erzeugungspotential in tH₂/a	-	-	-	-	-	-
Erzeugungstechnologie 1	-	-	-	-	-	-
Erzeugungstechnologie 2	-	-	-	-	-	-
Erzeugungstechnologie 3	-	-	-	-	-	-
Erzeugungstechnologie 4	-	-	-	-	-	-
H₂ Importpotentiale in tH₂/a	-	-	-	-	-	-
davon regional/national	-	-	-	-	-	-
Beschaffung 1	-	-	-	-	-	-
Beschaffung 2	-	-	-	-	-	-
davon international	-	-	-	-	-	-
Beschaffung 3	-	-	-	-	-	-
Beschaffung 4	-	-	-	-	-	-

KONTAKTE

Das vorliegende Handbuch basiert auf der Erstellung einer Machbarkeitsstudie für ein H₂-Ecosystem für die Stadt Essen im Jahr 2021. Für Rückfragen stehen die Studienautoren gerne zur Verfügung.

Auf Seiten der Stadt Essen verantwortlich für die Machbarkeitsstudie:

Grüne Hauptstadt Agentur

Kai Lipsius

✉ kai.lipsius@gha.essen.de

☎ 0201 88 82 300

EWG – Essener Wirtschaftsförderungsgesellschaft

Dr. Erich Bauch

✉ Erich.Bauch@ewg.de

☎ 0201 8202422

Daniel Adler

✉ daniel.adler@ewg.de

☎ 0201 8202479

Die Studie wurde erstellt von einem Konsortium aus vier Akteuren:

nymoer strategieberatung gmbh

Dr. Håvard Nymoer

✉ nymoer@nymoer-strategieberatung.de

☎ 0174 3274757

Kathrin Graf

✉ graf@nymoer-strategieberatung.de

☎ 0173 8907338

Simon Byrtus

✉ byrtus@nymoer-strategieberatung.de

☎ 0151 52890336

Hydrogentle GmbH

Marco Schmidt

✉ marco.schmidt@hydrogentle.de

☎ 0175 435 5850

Igor Duong

✉ igor.duong@hydrogentle.de

☎ 0151 65487740

BBH Consulting AG

Marcel Malcher

✉ marcel.malcher@bbh-beratung.de

☎ 0172 8332179

Philipp Jahnke

✉ philipp.jahnke@bbh-beratung.de

☎ 0160 4820528

Tim Scherwath

✉ tim.scherwath@bbh-beratung.de

☎ 0160 4820528

con|energy agentur gmbh

Stefanie Hamm

✉ hamm@conenergy.com

☎ 0170 2928847

Anne Buers

✉ buers@conenergy.com

☎ 0151 12948428